

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 101 17 153 C 1

51 Int. Cl.⁷:
C 03 B 23/047
C 03 B 37/012
C 03 B 20/00
C 03 B 37/025

21 Aktenzeichen: 101 17 153.6-45
22 Anmeldetag: 5. 4. 2001
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 13. 6. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

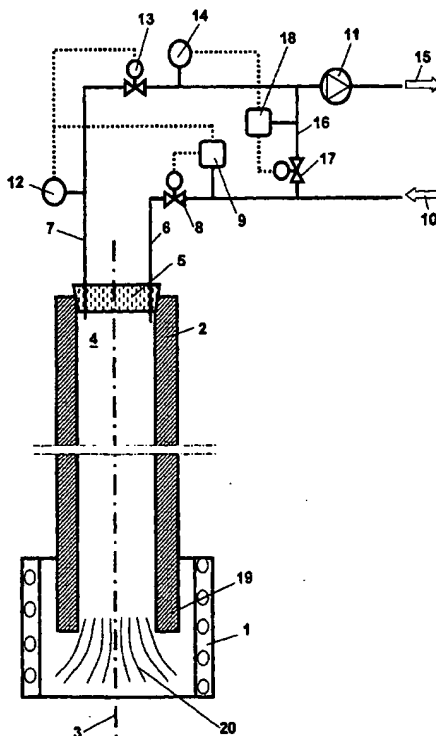
73 Patentinhaber:
Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG, 63450 Hanau,
DE
74 Vertreter:
Patentanwälte Grimm & Staudt, 63075 Offenbach

72 Erfinder:
Schmitt, Clemens, 63825 Blankenbach, DE; Bräuer,
Karsten, 63486 Bruchköbel, DE; Bauer, Peter, 63500
Seligenstadt, DE; Gänsicke, Frank, 63607
Wächtersbach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
EP 05 98 349 B1

54 Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus Quarzglas

57 Bei einem bekannten Verfahren für die Herstellung eines Zylinders aus Quarzglas in einem eine Anziehphase und eine Ziehphase umfassenden Vertikalziehprozess wird ein eine Innenbohrung mit einem oberen Ende und einem unteren Ende aufweisender Hohlzylinder aus Quarzglas, mit dem unteren Ende beginnend, einer Heizzone zugeführt, darin bereichsweise erweicht und unter Schließung der Innenbohrung kollabiert, wobei während der Ziehphase in der Innenbohrung des Hohlzylinders ein gegenüber einem außerhalb davon anliegenden Außendruck (P_a) verringerter Innendruck ($P_{i,z}$) angelegt wird. Um hiervon ausgehend ein einfaches und kostengünstiges Verfahren anzugeben, das eine ausreichende Reinigung und Trocknung der Innenbohrung des Hohlzylinders gewährleistet und das gleichzeitig eine Kontamination der Innenwandung durch Partikel aus der Ofenatmosphäre verhindert, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass während der Anziehphase das untere Ende (19) mindestens zeitweise offen gehalten wird und dass im Bereich des offenen, unteren Endes (19) ein Gasfenster (20) erzeugt wird, indem in die Innenbohrung (4) von dem oberen Ende her ein Gasstrom (10) eingeleitet und dadurch im Bereich des offenen Endes (19) ein gegenüber dem Außendruck (P_a) erhöhter Innendruck ($P_{i,A}$) aufrechterhalten wird.



DE 101 17 153 C 1

DE 101 17 153 C 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus Quarzglas in einem eine Anziehphase und eine Ziehphase umfassenden Vertikalziehprozess, indem ein eine Innenbohrung mit einem oberen Ende und einem unteren Ende aufweisender Hohlzylinder aus Quarzglas mit dem unteren Ende beginnend einer Heizzone zugeführt, darin bereichsweise erweicht und unter Schließung der Innenbohrung kollabiert wird, wobei während der Ziehphase in der Innenbohrung des Hohlzylinders ein gegenüber einem außerhalb davon anliegenden Außendruck (P_a) verringerter Innendruck ($P_{i,z}$) angelegt wird.

[0002] Bei derartigen Bauteilen handelt es sich um Quarzglasstäbe oder um Vorformen für optische Fasern.

[0003] Aus der EP-B 598 349 ist ein gattungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer Vorform für optische Fasern durch Überfangen eines Kernstabs aus dotiertem Quarzglas mit einem Mantelglasrohr nach der sogenannten Stab-in-Rohr-Technik bekannt. Dabei wird in der Bohrung eines dickwandigen Hohlzylinders aus Quarzglas ein Kernstab angeordnet und diese Anordnung in vertikaler Orientierung mit ihrem unteren Ende beginnend einem Ziehofen zugeführt und darin zonenweise erweicht. Dabei wird der Hohlzylinder auf den Kernstab kollabiert und gleichzeitig wird die Anordnung elongiert.

[0004] In dem Ringspalt zwischen Hohlzylinder und Kernstab wird während des Kollabierens und Elongierens gegenüber dem außen anliegenden Atmosphärendruck ein Unterdruck von 200 bis 1000 mm Wassersäule (entspricht 20 mbar bis 100 mbar) aufrechterhalten. Um die Einstellung des Unterdrucks auch während der Anziehphase – während der die Innenbohrung des Hohlzylinders noch nicht vollständig kollabiert ist – zu erleichtern, wird das untere Ende des Hohlzylinders verschlossen. Ohne diese Maßnahme würden in die Innenbohrung des Hohlzylinders Partikel aus der Ofenatmosphäre eingesaugt.

[0005] Die Innenwandung des Hohlzylinders wird vor dem Vertikalziehprozess in Flusssäure gereinigt. Zum Reinigen und Trocknen der Innenwandungen ist häufig auch während der Anziehphase eine Spülung mit einem reaktiven oder einem inerten Spülgas vorteilhaft. Diese Reinigungs- und Trocknungsmaßnahmen werden durch ein einseitiges Verschließen der Innenbohrung jedoch erschwert.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren anzugeben, das eine ausreichende Reinigung und Trocknung der Innenbohrung des Hohlzylinder gewährleistet und das gleichzeitig eine Kontamination der Innenwandung durch Partikel aus der Ofenatmosphäre verhindert.

[0007] Diese Aufgabe wird ausgehend von dem oben genannten Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass während der Anziehphase das untere Ende mindestens zeitweise offen gehalten wird, und dass im Bereich des offenen Endes ein Gasfenster erzeugt wird, indem in die Innenbohrung von dem oberen Ende her ein Gasstrom eingeleitet und dadurch im Bereich des offenen Endes ein gegenüber dem Außendruck (P_a) erhöhter Innendruck ($P_{i,a}$) aufrechterhalten wird.

[0008] Der Vertikalziehprozess umfasst eine Anziehphase und die eigentliche Ziehphase. Während der Anziehphase liegt in der Innenbohrung mindestens zeitweise ein gegenüber dem Außendruck erhöhter Innendruck ($P_{i,a}$), und während der eigentlichen Ziehphase ein verringerter Innendruck ($P_{i,z}$) an.

[0009] Die Anziehphase dauert solange an, bis das untere Ende der Innenbohrung des Hohlzylinders durch Kollabieren oder durch Aufschmelzen des Hohlzylinders auf ein in

der Innenbohrung angeordnetes Bauteil verschlossen ist. Die Öffnung der Innenbohrung (im folgenden auch als "Bohrungsöffnung" bezeichnet) weist somit einen kreisförmigen oder eine ringförmigen Öffnungsquerschnitt auf.

[0010] Während der Anziehphase ist die Innenbohrung mindestens zeitweise offen, so dass die Innenbohrung vor dem Ziehprozess und während der Anziehphase mit einem Inertgas oder mit einem Behandlungsgas im Durchfluss gespült werden kann. Dadurch wird eine effektive Reinigung oder Behandlung der Innenwandung des Hohlzylinders ermöglicht.

[0011] Durch Diffusion, unterstützt durch Auftrieb (Thermik) und Strömung (Kamineffekt), können Partikel – auch entgegen einer Gasströmung – in die Innenbohrung gelangen. Um dies zu verhindern, wird im Bereich der Bohrungsöffnung ein Gasfenster erzeugt. Das Gasfenster verhindert einen Eintrag von Partikeln aus der Ofenatmosphäre in die Innenbohrung, solange diese noch offen ist. Das Gasfenster wird dadurch erzeugt, dass in die Innenbohrung von dem oberen Ende her ein Gasstrom eingeleitet wird. Der Gasstrom erschwert jedoch das Kollabieren der Innenbohrung. Die Durchflussmenge des Gasstroms wird daher idealerweise auf das zur Erzeugung eines wirksamen Gasfensters gerade notwendige Minimum beschränkt. Die minimal erforderliche Durchflussmenge hängt vom Öffnungsquerschnitt und von den thermischen Gegebenheiten im Einzelfall ab. Anhand weniger Versuche kann die Gasströmung so eingestellt werden, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Gases im Bereich der Bohrungsöffnung ausreicht, um den Eintrag von Partikeln in die Innenbohrung wirksam zu verhindern. Als Gasstrom in diesem Sinne sind Inertgase – wie Stickstoff, Argon oder Inertgasgemische – besonders geeignet.

[0012] Als Maß für die Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Bohrungsöffnung wird erfindungsgemäß der Innendruck ($P_{i,a}$) herangezogen. Dieser wird während der Anziehphase im Bereich des offenen Endes der Innenbohrung auf einem gegenüber dem Außendruck (P_a) erhöhten Wert gehalten. Während beim Übergang von der Anziehphase zur eigentlichen Ziehphase anstelle des erhöhten Innendrucks ($P_{i,a}$) der gegenüber dem Außendruck (P_a) verringerte Innendruck ($P_{i,z}$) angelegt wird.

[0013] Es hat sich bewährt, den während der Anziehphase eingestellten, erhöhten Innendruck ($P_{i,a}$) zu regeln, wobei als Stellgröße der Regelung der Durchfluss des in die Innenbohrung eingeleiteten Gasstroms verwendet wird. Im Verlauf der Anziehphase verringert sich der freie Öffnungsquerschnitt der Bohrungsöffnung. Bei gleicher Durchflussmenge des Gasstroms erhöhen sich dadurch die Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Bohrungsöffnung und der Innendruck ($P_{i,a}$). Um eine optimierte Strömungsgeschwindigkeit (im wesentlichen gleichbedeutend mit einer minimalen, noch wirksamen Durchflussmenge) beizubehalten, wird der Innendruck in der Innenbohrung gemessen und geregelt. Bei ansteigendem Innendruck wird die Durchflussmenge des Gasstroms verringert.

[0014] In einer bevorzugten Verfahrensweise wird der Innendruck ($P_{i,a}$) während der Anziehphase im wesentlichen konstant gehalten. Dadurch kann während der Anziehphase auch die Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Bohrungsöffnung im wesentlichen konstant gehalten werden.

[0015] Vorteilhafterweise wird zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Innenbohrung beim Übergang von der Anziehphase zur Ziehphase der erhöhte Innendruck ($P_{i,a}$) auf den verringerten Innendruck ($P_{i,z}$) allmählich verringert. Durch die allmähliche Druckverringerung kann eine radiale Verformung der Innenbohrung im erweichten Bereich vermieden werden. Erst wenn eine hinsichtlich dieser Verfor-

mung kritische Phase überschritten ist – beispielsweise sobald die Bohrungsöffnung vollständig geschlossen ist, wird der Innendruck in der Innenbohrung auf den vorgegebenen Unterdruck eingestellt. Auf diese Weise gelingt es, in der eigentlichen Ziehphase einen vergleichsweise geringen Innendruck (hohen Unterdruck) einzustellen, ohne dass es zu radialen Verformungen des Hohlzylinders kommt. Der niedrigere Innendruck ermöglicht wiederum ein schnelleres Kollabieren der Innenbohrung während der Ziehphase und somit eine Beschleunigung des Ziehverfahrens.

[0016] Als "Unterdruck" wird der absolute Betrag der Druckdifferenz zwischen dem außerhalb der Innenbohrung im Bereich der erweichten Zone anliegenden Außendruck und dem Druck in der Innenbohrung (Innendruck) definiert. Der Außendruck entspricht im einfachsten Fall – aber nicht notwendigerweise – Atmosphärendruck. Da der Innendruck niedriger ist als der Außendruck haben die Unterdruckwerte positives Vorzeichen. Im Sinne dieser Definition ist somit eine Verringerung des Innendrucks gleichbedeutend mit einer Vergrößerung des Unterdrucks.

[0017] Die "allmähliche" Verringerung des Innendrucks während der Anziehphase erfolgt vorzugsweise stetig, wobei aber eine Verringerung in kleinen Einzelschritten für den technischen Erfolg der erfindungsgemäßen Lehre unschädlich ist.

[0018] Infolge des Schließens der Bohrungsöffnung wird der Übergang von der Anziehphase zur Ziehphase durch einen charakteristischen Druckanstieg in der Innenbohrung eingeleitet, dem zunächst durch die Druckregelung entgegengewirkt werden kann. Es hat sich als günstig erwiesen, die Durchflussmenge des Gasstroms zu messen, wobei definitionsgemäß der Übergang von der Anziehphase zur Ziehphase einsetzt, sobald die Durchflussmenge gleich Null ist. Danach wird die Verringerung des Innendrucks auf den vorgegebenen Unterdruck eingeleitet.

[0019] Weiterhin hat es sich bewährt, den Innendruck (P_{iA}) um 50 mbar pro Minute oder langsamer zu verringern. Eine langsame Absenkung des Innendrucks mindert die Gefahr von radialen Verformungen des Hohlzylinders im erweichten Bereich. Der vorgegebene Unterdruck wird erst erreicht, wenn sich der Ziehprozess stabilisiert hat, so dass die Gefahr einer Verformung beim restlichen Kollabieren des Hohlzylinders gering ist.

[0020] Es hat sich als günstig erwiesen, den Unterdruck zunächst auf einen vorgegebenen Sollwert einzuregeln. Unter dem "Sollwert" des Innendrucks wird ein Absolutwert für den Druck in der Innenbohrung verstanden, der während der eigentlichen Ziehphase in etwa einzustellen ist.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Unterdruck im Bereich zwischen 0 und 500 mbar, vorzugsweise oberhalb von 70 mbar, eingestellt. Durch den vergleichsweise hohen Unterdruck wird das Kollabieren der Innenbohrung im erweichten Bereich – und damit der gesamte Ziehprozess – beschleunigt. Diese Verfahrensweise ist besonders geeignet, wenn die Innenbohrung eines Hohlzylinders vollständig kollabiert werden soll.

[0022] Das erfindungsgemäße Verfahren hat sich insbesondere bei Einsatz eines dickwandigen Hohlzylinders mit einem Außendurchmesser von mehr als 120 mm und einem Verhältnis von Außendurchmesser und Innendurchmesser von mindestens 2 bewährt. Die für das Kollabieren derartiger dickwandiger Hohlzylinder erforderlichen Prozesszeiten werden durch das erfindungsgemäße Verfahren deutlich verkürzt, so dass das Verfahren die Verarbeitung einer großer Quarzglasmasse ermöglicht.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere zur kostengünstigen Herstellung eines Bauteils in

Form eines Vollzylinders für die Fertigung eines optischen Wellenleiters, indem ein Hohlzylinder aus hochreinem, synthetischem Quarzglas eingesetzt wird.

[0024] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung sind Verfahrensschritte zur Herstellung eines Quarzglasstabs durch Kollabieren und Elongieren eines Hohlzylinders mittels des erfindungsgemäßen Vertikalziehverfahren schematisch dargestellt, und zwar im einzelnen, in

[0025] Fig. 1 die Anziehphase unter allmählicher Schließung der Innenbohrung und in

[0026] Fig. 2 die eigentliche Ziehphase.

[0027] Fig. 1 zeigt das erfindungsgemäße Verfahren während der Anziehphase und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung. Die Vorrichtung umfasst einen vertikal angeordneten, auf Temperaturen oberhalb von 2300°C beheizbaren Ofen 1. In den Ofen 1 wird von oben ein Hohlzylinder 2 aus synthetischem Quarzglas (gebrochen dargestellt) mit vertikal orientierter Längsachse 3 eingeführt. Die Innenbohrung 4 des Hohlzylinders 2 ist nach unten hin offen, und nach oben mit einem Stopfen 5 verschlossen. Durch den Stopfen 5 sind eine Spülleitung 6 und eine Vakuumleitung 7 in die Innenbohrung 4 hineingeführt.

[0028] Grundsätzlich sind in den Fig. 1 und 2 Gasleitungen als durchgezogene Linien, und elektrische Leitungen als punktierte Linien dargestellt.

[0029] Die Spülgasleitung 6 ist über ein erstes Regel- und Absperrventil 8 und über ein erstes Durchflussmessgerät 9 mit einer Stickstoffquelle verbunden, von der aus über die Spülgasleitung 6 und die Innenbohrung 4 ein Stickstoffstrom 10 in den Ofen 1 eingeleitet werden kann.

[0030] An der Vakuumleitung 7 sind zwischen einer Vakuumpumpe 11 eine erste Druckmessdose 12 und – nach einem zweiten Absperrventil 13 – eine zweite Druckmessdose 14 vorgesehen. Die von der Vakuumpumpe 11 abgesaugte Abluft ist in Fig. 1 mit dem Richtungspfeil 15 symbolisiert.

[0031] Spülgasleitung 6 und Vakuumleitung 7 sind über eine Verbindungsleitung 16 miteinander verbunden, wobei die Verbindungsstellen der Verbindungsleitung 16 einerseits (Spülleitung 6) – in Strömungsrichtung des Stickstoffstroms 10 gesehen – vor dem Regel- und Absperrventil 8, und andererseits (Vakuumleitung 7) vor der Vakuumpumpe 11 liegen. In der Verbindungsleitung 16 ist ein drittes Regel- und Absperrventil 17, das über ein zweites Durchflussmessgerät 18 mit der zweiten Druckmessdose 14 verbunden ist, vorgesehen. Weiterhin ist die erste Druckmessdose 12 mit dem zweiten Absperrventil 13 und – über das erste Durchflussmessgerät 9 – mit dem Regel- und Absperrventil 8 verbunden.

[0032] Das untere Ende 19 der Innenbohrung 4 ist während der Anziehphase offen. Durch den von oben in die Innenbohrung 4 eingeleiteten Stickstoffstrom 10 wird während der Anziehphase im Bereich des unteren Endes 19 ein Gasfenster 20 erzeugt, das einen Eintrag von Partikeln in die Innenbohrung 4 vermindert.

[0033] In Fig. 2 ist die gleiche Vorrichtung dargestellt, wie in Fig. 1. Sofern in Fig. 2 identische Bezugsziffern wie in Fig. 1 verwendet sind, so bezeichnen diese gleiche oder äquivalente Bauteile und Bestandteile der Anlage, wie die entsprechenden Bezugsziffern in Fig. 1. Auf die obigen Erläuterungen wird insoweit verwiesen.

[0034] Fig. 2 zeigt den auf die Anziehphase folgenden Verfahrensschritt, die eigentliche Ziehphase. Dabei wird aus dem im Ofen 1 erweichten Hohlzylinder 2 unter Einsatz eines (in Fig. 2 nicht gezeigten) Abzugs ein Quarzglasstab 21 gezogen, wobei in der Innenbohrung 4 ein – gegenüber dem im Innenraum des Ofens 1 anliegenden Atmosphärendruck

– verringerter Innendruck ($P_{i,z}$) eingestellt wird.

[0035] Nachfolgend wird eine für das erfindungsgemäße Verfahren typische Verfahrensweise anhand den Fig. 1 und 2 näher beschrieben:

Der Hohlzylinder 2 hat einen Außendurchmesser von 150 mm und eine Wandstärke von 50 mm. Nachdem der Ofen 1 auf seine Solltemperatur von ca. 2300°C aufgeheizt ist, wird der Hohlzylinder 2 mit dem unteren Ende 19 von oben in den Ofen 1 eingefahren und bei einer Position etwa in der Mitte des Ofens 1 erweicht. Sobald sein unteres Ende 19 abschmilzt, wird der Hohlzylinder 1 mit einer Absenkgeschwindigkeit von 18 mm/min abgesenkt.

[0036] Die anfänglich am unteren Ende 19 offene Innenbohrung 4 ist am oberen Ende mit dem Stopfen 5 verschlossen. Im Ofeninnenraum herrscht annähernd Atmosphärendruck (P_a). In der Anziehphase wird in der Innenbohrung 4 ein leichter Überdruck gegenüber P_a erzeugt und aufrechterhalten. Hierbei ist das Regel- und Absperrventil 8 geöffnet und das Absperrventil 13 ist geschlossen. Über die Spülleitung 6 wird ein Stickstoffstrom 10 in die Innenbohrung 4 eingeleitet. Der Durchfluss des Stickstoffstroms 10 wird mittels der Regel- und Absperrventile 8 (bzw. 17) geregelt, wobei das Regel- und Absperrventil 8 gemeinsam mit dem ersten Durchflussmessgerät 9 einen Durchflussregler (MFC) bildet. Die Regelung des Stickstoffstroms 10 erfolgt derart, dass sich in der Innenbohrung 4 ein im wesentlichen konstanter Innendruck ($P_{i,A}$) von 1,5 mbar einstellt. Hierzu wird der Innendruck ($P_{i,A}$) mittels der ersten Druckmessdose 12, die mit dem ersten Durchflussmessgerät 9 verbunden ist, kontinuierlich gemessen und der Durchfluss des Stickstoffstroms 10 entsprechend eingestellt (Stellgröße der Druckregelung). Aufgrund der so erzeugten Gasströmung und des Innendrucks ($P_{i,A}$) bildet sich im Bereich des unteren Endes der Innenbohrung 4 ein Gasfenster 20, das eine Eindiffusion von Partikeln in die Innenbohrung während der Anziehphase wirksam verhindert.

[0037] Im Bereich einer Verformungszone erweicht der Hohlzylinder 2 und die Innenbohrung 4 kollabiert dabei allmählich. Der damit einhergehende Anstieg des Innendrucks ($P_{i,A}$) wird zunächst durch entsprechende Reduzierung der Stickstoff-Durchflussmenge mittels der oben beschriebenen Durchflussregelung (MFC; Durchflussmessgerät 9 und Regel- und Absperrventil 8) kompensiert. Beim vollständigen Schließen der Innenbohrung 4 geht der Stickstoffstrom 10 gegen Null. Daraufhin wird von Überdruckregelung auf Unterdruckregelung umgeschaltet. Hierzu wird das Regel- und Absperrventil 8 geschlossen und das Absperrventil 13 wird geöffnet.

[0038] Während der Anziehphase wird der Vakuumpumpe 11 über das offene regel- und Absperrventil 17 und über die Verbindungsleitung 16 ein Stickstoffstrom zugeführt, um in der Vakuumsleitung 7 – bis zum Absperrventil 13 – einen vorgegebenen, konstanten Unterdruck aufrecht zu erhalten. Es wird nach dem von der zweiten Druckmessdose 14 gemessenen Unterdruck geregelt. Diese Maßnahme dient dazu, dass beim Umschalten von Überdruckregelung auf Unterdruckregelung bereits ein konstanter Unterdruck in der Vakuumsleitung 7 anliegt.

[0039] In der eigentlichen Ziehphase ist die Innenbohrung 4 beidseitig verschlossen und der Stab 21 wird – mit einem geregelten Durchmesser von ca. 90 mm – mit annähernd konstanter Abzugsgeschwindigkeit abgezogen. In dieser Phase wird in der Innenbohrung 4 mittels Vakuumpumpe 11, Regel- und Absperrventil 17 und Druckmessdose 12 ein geregelter Unterdruck erzeugt, dessen Sollwert anfänglich auf 0 mbar eingestellt ist und der mit einer Rampe von 50 mbar/min auf den Soll-Unterdruck von etwa -100 mbar (gegenüber Atmosphärendruck (P_a)) abgesenkt wird. Der Regel-

kreis hierfür umfasst die Vakuumpumpe 11, das Absperr- und Regelventil 17, das Durchflussmessgerät 18 sowie die Druckmessdose 12.

[0040] Während der Ziehphase wird der erwähnte konstante Differenz-Innendruck ($P_{i,z}$) von etwa 100 mbar aufrecht erhalten. Dabei handelt es sich um einen vergleichsweise hohen Unterdruck, der – insbesondere bei dem eingesetzten, dickwandigen Hohlzylinder 2 – zu einem raschen Kollabieren der Innenbohrung 4 beiträgt.

[0041] Der so erhaltene Stab 21 wird in geeignete Teilstücke abgelängt und als Vorform für die Herstellung von optischen Fasern eingesetzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Zylinders aus Quarzglas in einem eine Anziehphase und eine Ziehphase umfassenden Vertikalziehprozess, indem ein eine Innenbohrung mit einem oberen Ende und einem unteren Ende aufweisender Hohlzylinder aus Quarzglas, mit dem unteren Ende beginnend einer Heizzone zugeführt, darin bereichsweise erweicht und unter Schließung der Innenbohrung kollabiert wird, wobei während der Ziehphase in der Innenbohrung des Hohlzylinders ein gegenüber einem außerhalb davon anliegenden Außendruck (P_a) verringerter Innendruck ($P_{i,z}$) angelegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Anziehphase das untere Ende (19) mindestens zeitweise offen gehalten wird, und dass im Bereich des offenen, unteren Endes (19) ein Gasfenster (20) erzeugt wird, indem in die Innenbohrung (4) von dem oberen Ende her ein Gasstrom (10) eingeleitet und dadurch im Bereich des offenen Endes (19) ein gegenüber dem Außendruck (P_a) erhöhter Innendruck ($P_{i,A}$) aufrechterhalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Innendruck während der Anziehphase ($P_{i,A}$) geregelt wird, und dass als Stellgröße der Regelung der Durchfluss des in die Innenbohrung (4) eingeleiteten Gasstroms (10) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Innendruck ($P_{i,A}$) während der Anziehphase im wesentlichen konstant gehalten wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung eines Unterdrucks in der Innenbohrung (4) beim Übergang von der Anziehphase zur Ziehphase der erhöhte Innendruck ($P_{i,A}$) auf den verringerten Innendruck ($P_{i,z}$) allmählich verringert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchflussmenge des Gasstroms (10) gemessen wird, und dass der Übergang einsetzt, sobald die Durchflussmenge gleich Null ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Innendruck ($P_{i,A}$) um 50 mbar pro Minute oder langsamer verringert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Unterdruck auf einen vorgegebenen Sollwert eingeregelt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Unterdruck unterhalb von 500 mbar eingestellt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Unterdruck von mindestens 70 mbar eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein dickwandiger Hohlzylinder (2) mit einem Außendurchmesser von

mehr als 120 mm und einem Verhältnis von Außendurchmesser und Innendurchmesser von mindestens 2,0 eingesetzt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung eines Zylinders für die Fertigung eines optischen Wellenleiters ein Hohlzylinder (2) aus hochreinem, synthetischem Quarzglas eingesetzt wird. 5

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

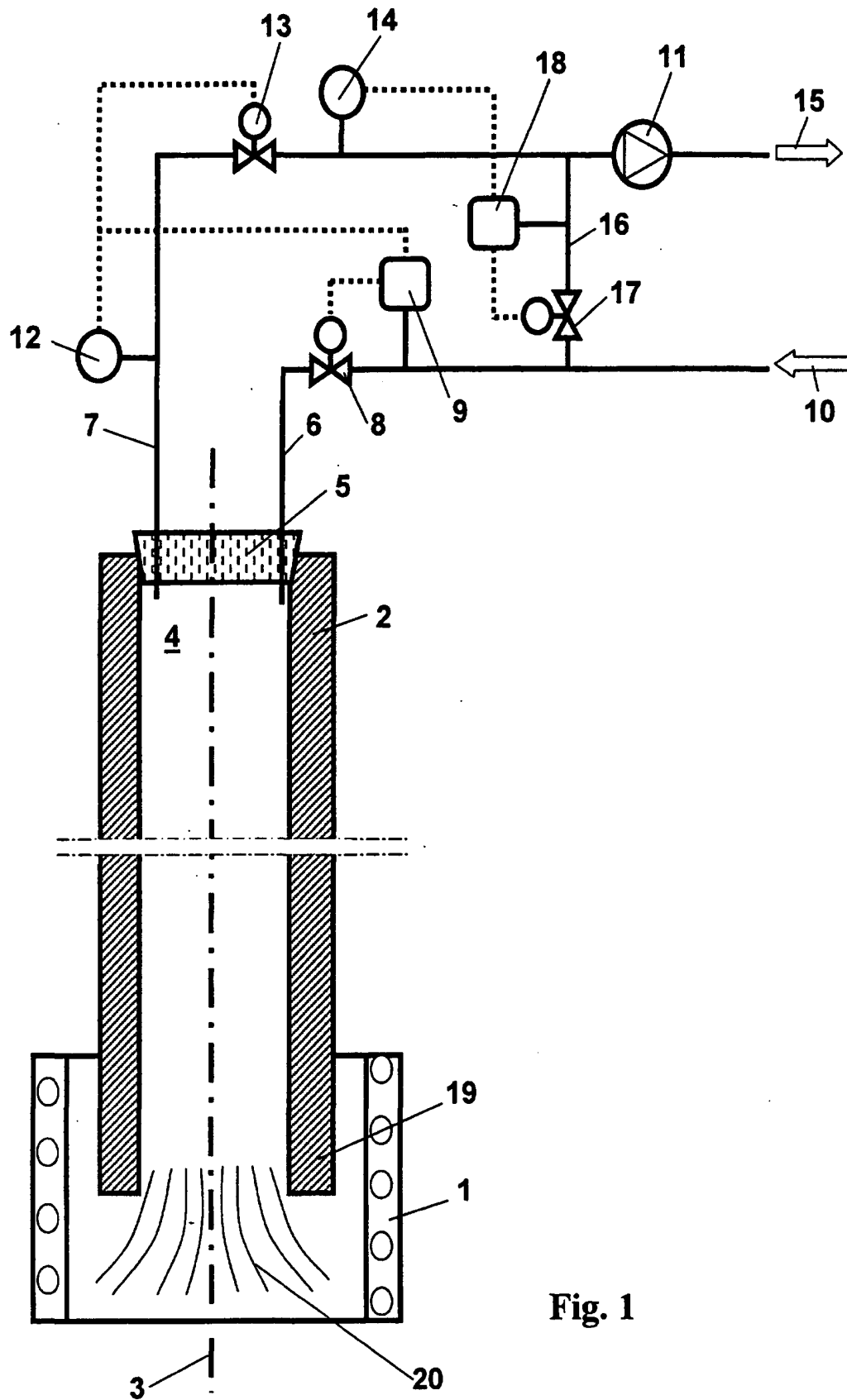


Fig. 1

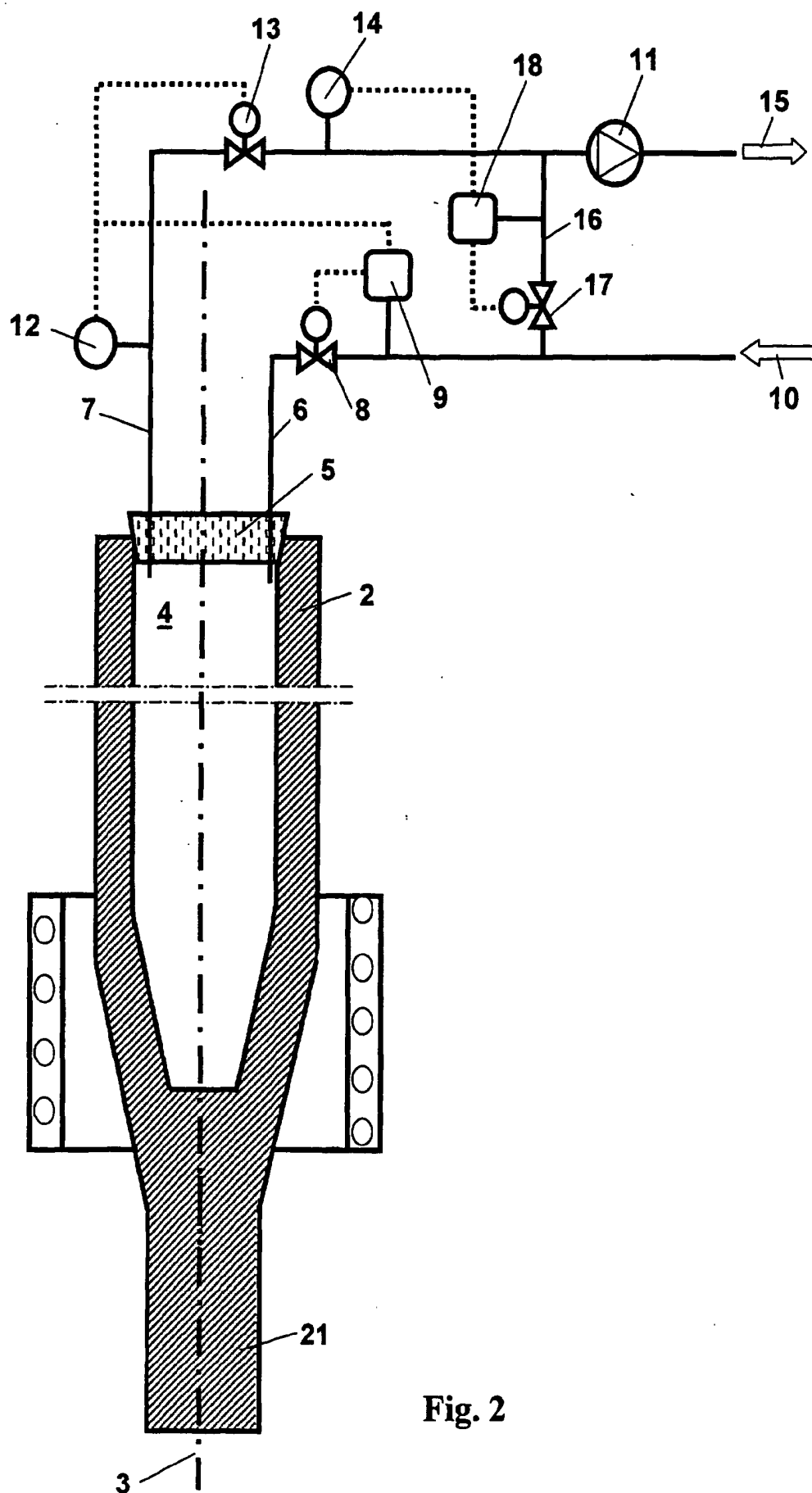


Fig. 2